

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS


PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

REC'D 20 SEP 2005

PCT

(Kapitel II des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 44 343	WEITERES VORGEHEN siehe Formblatt PCT/PEA/416	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2004/008048	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 19.07.2004	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 29.07.2003
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G01S7/52, G01N29/10, G01N29/26, G01S15/89		
Anmelder NUTRONIK GMBH et al.		
<p>1. Bei diesem Bericht handelt es sich um den internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, der von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde nach Artikel 35 erstellt wurde und dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt wird.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p>3. Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; diese umfassen</p> <p>a. <input checked="" type="checkbox"/> (an den Anmelder und das Internationale Büro gesandt) insgesamt 12 Blätter; dabei handelt es sich um</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Blätter mit der Beschreibung, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit Berichtigungen, denen die Behörde zugestimmt hat (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften).</p> <p><input type="checkbox"/> Blätter, die frühere Blätter ersetzen, die aber aus den in Feld Nr. 1, Punkt 4 und im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde eine Änderung enthalten, die über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgeht.</p> <p>b. <input type="checkbox"/> (nur an das Internationale Büro gesandt) insgesamt (bitte Art und Anzahl der/des elektronischen Datenträger(s) angeben), der/die ein Sequenzprotokoll und/oder die dazugehörigen Tabellen enthält/enhalten, nur in computerlesbarer Form, wie im Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll angegeben (siehe Abschnitt 802 der Verwaltungsvorschriften).</p>		
<p>4. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. I Grundlage des Bescheids</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. II Priorität</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</p>		
Datum der Einreichung des Antrags 24.02.2005	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 19.09.2005	
Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Reuss, T Tel. +49 89 2399-7140	



INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/008048

Feld Nr. I Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Sprache** beruht der Bericht auf der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.
 - ☐ Der Bericht beruht auf einer Übersetzung aus der Originalsprache in die folgende Sprache, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für folgenden Zweck eingereicht worden ist:
 - ☐ internationale Recherche (nach Regeln 12.3 und 23.1 b))
 - ☐ Veröffentlichung der internationalen Anmeldung (nach Regel 12.4)
 - ☐ internationale vorläufige Prüfung (nach Regeln 55.2 und/oder 55.3)
2. Hinsichtlich der **Bestandteile*** der internationalen Anmeldung beruht der Bericht auf (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt*):

Beschreibung, Seiten

4-14 in der ursprünglich eingereichten Fassung
1-3, 3a, 3b eingegangen am 12.07.2005 mit Schreiben vom 07.07.2005

Ansprüche, Nr.

1-22 eingegangen am 12.07.2005 mit Schreiben vom 07.07.2005

Zeichnungen, Blätter

1-8 In der ursprünglich eingereichten Fassung

☐ einem Sequenzprotokoll und/oder etwaigen dazugehörigen Tabellen - siehe Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll

3. ☐ Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung: Seite
- ☐ Ansprüche: Nr.
- ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
- ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
- ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):

4. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der diesem Bericht beigelegten und nachstehend aufgelisteten Änderungen erstellt worden, da diese aus den im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2 c)).

- ☐ Beschreibung: Seite
- ☐ Ansprüche: Nr.
- ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
- ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
- ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):

* Wenn Punkt 4 zutrifft, können einige oder alle dieser Blätter mit der Bemerkung "ersetzt" versehen werden.

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/008048

Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung
Neuheit (N) Ja: Ansprüche 2-5,7-15,17,18,22
Nein: Ansprüche 1,6,16,19-21
Erfinderische Tätigkeit (IS) Ja: Ansprüche 4,5,9-15,18
Nein: Ansprüche 1-3, 6-8,16,17,19-22
Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) Ja: Ansprüche: 1-22
Nein: Ansprüche:

2. Unterlagen und Erklärungen (Regel 70.7):
siehe Beiblatt

Item V.

1. Die im Internationalen Recherchenbericht genannten Dokumente (D) werden ihrer Reihenfolge im Recherchenbericht nach durchnummeriert (D1-D6).
2. Der Gegenstand der **Ansprüche 1, 6, 16 und 19-21** ist nicht neu gegenüber der Offenbarung von D1, Art. 33 (2) PCT.
 - 2.1 D1 offenbart alle Merkmale des **Anspruchs 1**, wie folgt:
 - (a) Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, die bei der zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen wie Rohren oder Blechen durch Reflexion von Ultraschallwellen an Fehlstellen der Struktur des Gegenstandes erzeugt werden (D1: Anspruch 1, Oberbegriff), umfassend die Verfahrensschritte:
 - (b) Aussenden einer kompletten Wellenfront (dieses Merkmal ist nicht einschränkend, da eine Wellenfront immer komplett ist) auf zumindest einen zu prüfenden Abschnitt des Gegenstandes mittels einer Vielzahl unabhängiger Sendeelemente (D1: Anspruch 1, Absatz a)),
 - (c) Empfangen einer von der Struktur des Gegenstandes reflektierten Welle mittels einer Vielzahl voneinander unabhängiger Empfangselemente (D1: Seite 5, Zeilen 1-2),
 - (d) Digitalisieren der von den Empfangselementen empfangenen Signalen (D1: Anspruch 1, Absatz d, das Zuordnen auf Speicherplätze impliziert ein vorhergehendes Digitalisieren),
 - (e) Speichern der digitalisierten Signale nach Amplitude und Laufzeit in einem Speicherelement (D1: Seite 5, Zeilen 2-15), wobei
 - (f) die Fehlstellen durch eine phasenstarre Addition der gespeicherten Amplitudenwerte längs einer Laufzeit erkannt werden (D1: Anspruch 1, Absätze d und f; Seite 4, Zeil 3).

- 2.2 Da **Anspruch 16** die Anspruch 1 entsprechende Vorrichtung definiert, gelten die in 2.1 erhobenen Einwände entsprechend.
- 2.3 Des weiteren offenbart D1 die zusätzlichen Merkmale der **Ansprüche 6 und 19-21**, wie folgt:
- (a) **Anspruch 6, 20:** D1: Seite 4, Zeilen 11-18;
 - (b) **Anspruch 19:** D1: siehe Abbildung 1; Anspruch 1, Absatz a);
 - (c) **Anspruch 21:** D1: siehe Abbildung 1;
3. Die zusätzlichen Merkmale der **Ansprüche 2, 3, 7, 8, 17 und 22** werden als nicht erfinderisch angesehen gegenüber der Offenbarung von D1 in Verbindung mit allgemeinem Fachwissen, Art. 33 (3) PCT.
- 3.1 Die zusätzlichen Merkmale des **2. Anspruchs** bestehen darin, zur Erkennung einer auf einer dem Prüfkopf zugewandten Oberfläche des Gegenstandes liegenden Fehlstelle die von der Fehlstelle ausgehenden Punktwellensignale auszuwerten. Nach D1, Seite 4, Zeilen 1-12 ist der zu prüfende Bereich ABCD (siehe Abb. 1). Wenn der Fachmann eine Fehlstelle auf der Oberfläche des Gegenstandes erkennen wollte, würde er gegebenenfalls mittels eines geeigneten Abstandhalters die Oberfläche in den zu prüfenden Bereich verlegen. Da aber nun von Fehlstellen immer (Huygenssche) Punktwellensignale ausgehen, wertet der Fachmann immer diese Punktwellensignale aus.
Damit kann der Gegenstand des Anspruchs nicht als erfinderisch angesehen werden.
- 3.2 Die zusätzlichen Merkmale des **3. Anspruchs** entsprechen lediglich der Anwendung des unter Anspruch 1 definierten Verfahrens zum Erkennen einer Fehlstelle, die auf einer der Oberflächen liegt. Entsprechend der Ausführungen unter Abschnitt 3.1 kann dies nicht als erfinderisch angesehen werden.
- 3.7 Die zusätzlichen Merkmale der **Ansprüche 7, 8, 17 und 22** werden als übliche, fachmännische Maßnahmen betrachtet und sind somit ebenfalls nicht erfinderisch.

4. Der Gegenstand des unabhängigen **Anspruchs 10** betrifft die Erfassung und Speicherung der Kontur einer Oberfläche eines zu prüfenden Gegenstandes durch Aussenden einer kompletten Wellenfront, sowie die Ansteuerung unabhängiger Sendeelemente derart, dass die ausgehende Wellenfront parallel oder in etwa parallel zu der Kontur der Oberfläche des Gegenstandes verläuft.

D1 offenbart die Konturerkennung von Fehlstellen mittels dem in Anspruch 1 definierten Verfahren (siehe Zusammenfassung, Zeilen 10-12; Seite 6, Zeilen 9-11). Das Aussenden einer zur Oberfläche des Gegenstandes parallelen Wellenfront wird nicht offenbart und auch nicht nahegelegt, da der Prüfkopf während der Messung zu unterschiedlichen Positionen bewegt wird. Der Fachmann würde also lediglich der Kontur der Oberfläche folgen und nicht die in Anspruch 10 beanspruchte Strahlformung vornehmen.

Die in den Dokumenten D3 und D4 offenbarten Verfahren betreffen eine Anpassung der Strahlcharakteristik an die zu untersuchende Oberfläche. Auch hier wird aber der Prüfkopf zu unterschiedlichen Positionen bewegt, so dass das Aussenden einer zur Oberfläche parallelen Wellenfront nicht nahegelegt wird. Dokument D2 zeigt einen aus 24 Elementen zusammengesetzten Prüfkopf, der sich der Oberfläche der zu prüfenden Kontur angepaßt. Da die Anpassung automatisch durch die aufwendige Konstruktion erfolgt, wird das in Anspruch 10 beanspruchte Verfahren ebenfalls nicht nahegelegt.

Der Gegenstand des unabhängigen **Anspruchs 10** wird somit für neu und erfinderisch gehalten (Artikel 33(2) und 33(3) PCT). Dies gilt ebenso für die von Anspruch 10 abhängenden **Ansprüche 11-15**.

Die zusätzlichen Merkmale von **Anspruch 9** entsprechen den für erfinderisch gehaltenen Merkmalen von Anspruch 10 und werden somit auch für neu und erfinderisch gehalten. Desweiteren sind die zusätzlichen Merkmale der **Ansprüche 4, 5 und 18** in keinem der im Recherchenbericht genannten Dokumente offenbart oder durch diesen Stand der Technik nahegelegt. Daher wird auch die in den Ansprüchen 4, 5 und 18 beanspruchte Erfindung entsprechend Artikel 33(1)-(3) PCT als neu und erfinderisch angesehen. Desweiteren ist der Gegenstand aller Ansprüche ist industriell anwendbar, Artikel 33(4) PCT.

5. Es wird ergänzend angemerkt, dass das in der Beschreibung dargestellte Verfahren, das auf Aussenden einer **einzig** kompletten Wellenfront beruht, nicht von D1 offenbart wird. Allerdings umfaßt der durch Anspruch 1 festgelegte Schutzbereich nicht nur solche Verfahren und Vorrichtungen.

Beschreibung

Verfahren und Schaltungsanordnung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mittels Ultraschallwellen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Verarbeitung von Signalen gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes der Ansprüche 1 und 10 sowie auf eine Schaltungsanordnung mit Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruchs 16.

Ein Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, die reflektierten Wellen entsprechen, die von einer Struktur übertragen oder gebrochen wurden, um eine Erkundung und Analyse der Struktur dieses Materials vornehmen zu können, ist in der EP 0 825 453 B1 beschrieben. Bei dem beschriebenen Verfahren wird ausgenutzt, dass jeder Punkt eines zu überprüfenden Gegenstandes zu einer reflektierten Welle führt, die sodann an Positionen der Speicher gespeichert wird, die in Form von Parabelbögen verteilt sind, deren Charakteristiken von der Entfernung des Punktes zur Sonde und vom Strahlungsdiagramm jedes Elementes abhängen. Bei dem bekannten Verfahren wird ein Prüfkopf verwendet, der linear ausgebildet ist und sich aus einer Mehrzahl von Sendeempfangelementen mit geringen Abmessungen zusammensetzt. Der gleiche Prüfkopf wird dabei zum Senden und Empfangen verwendet. Zunächst wird eine Wellenfront in den zu prüfenden Gegenstand abgesendet und diejenigen Wellen empfangen, die von der Struktur reflektiert werden.

Anschließend erfolgt eine Digitalisierung und Speicherung der Information, die von den Sensorelementen abgegeben werden, und zwar in einem Speicherelement, welches für jedes Sensorelement eine Zeile aufweist.

Anschließend erfolgt eine Rekonstruktion und/oder Analyse der Struktur des Gegenstandes anhand der Informationen, die in den Speicherelementen abgelegt wurden. Dabei wird für jeden Punkt des Gegenstandes die Position des Speicherelementes berechnet, die die Signale enthalten, die von den Sensorelementen geortet worden sind und den Wellen entsprechen, die von diesem Punkt reflektiert oder übertragen worden sind. Diese Position wird mit Hilfe eines Adressierungsgesetzes berechnet, dessen Parameter von der Position dieses Punktes im Verhältnis zu den Sensorelementen abhängen. Ferner werden für jeden Punkt die Zeilen des Feldspeichers an den jeweiligen Positionen gelesen, die zuvor für diesen Punkt berechnet worden sind, wobei auf die für diesen Punkt gelesenen Werte eine mathematische Operation angewendet wird, um ein Ergebnis zu erhalten, das für den Umfang der Welle repräsentativ ist. Für die Berechnung werden alle Zellen des Speicherfeldes parallel für diesen Punkt an den Positionen gelesen, die für diesen Punkt in den jeweiligen zugeordneten Adressierungsspeichern angegeben sind.

Da die Berechnung jedes Lesegesetzes zum Auslesen des Speichers zu lange dauern würde, um dies in Echtzeit auszuführen, erfolgt diese Berechnung im Voraus und die Ergebnisse werden in spezifischen „Adressenspeichern“ gespeichert, die jeder Zeile des „Feldspeichers“ zugeordnet sind.

Daraus folgt, dass das beschriebene Verfahren nur zur Erkennung bestimmter, d. h. vorher definierter Strukturen geeignet ist. Der Inhalt des Feldspeichers wird nach Ausführung der mathematischen Operation in einen Bildspeicher hinterlegt, wobei Orts- und Laufzeitinformationen berücksichtigt werden. Bei dem Verfahren werden berechnete B-Bilder ausgewertet, wie dies beispielsweise in der medizinischen Diagnostik üblich ist. Für die automatische Werkstoffprüfung sollten B-Bilder jedoch nicht herangezogen werden, da für die Auswertung lange Auswertezeiten benötigt werden.

Des Weiteren ist zu bemerken, dass bei senkrechter Einschallung Einschränkungen in der Fehlerdetektion gegeben sind, da nur eine Fehlerlage erkennbar ist. Ferner treten

Unsicherheiten in der Fehlerauswertung auf, da feste geometrische Beziehungen zwischen dem Prüfkopf und dem Prüfling vorausgesetzt werden, da Ortsinformationen bei der Fehlerbestimmung notwendig sind. Daher ist das bekannte Verfahren gegen übliche Dejustagen des Prüfkopfes sehr empfindlich.

In der DE-A-32 36 017 ist ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Rundumabtastung eines Werkstofffehlers mittels getaktetem Array bei hochfrequenter Signalverarbeitung zur Ermittlung von Fehlern in Werkstoffen mittels Ultraschall beschrieben. Es ist vorgesehen, dass ein Array-Prüfkopf in verschiedenen Positionen getaktet wird, die Laufzeit unter Berücksichtigung der speziellen Schallgeschwindigkeit gemessen wird, die Amplituden der Signale gemessen werden, aus diesen Signalen die Intensität ermittelt und die Intensitätsverteilung z. B. auf einem Bildschirm wiedergegeben wird. Mit Hilfe des Verfahrens ist es möglich, die Ränder von voluminösen oder rissartigen Fehlern zu beschreiben. Durch das Verfahren des Array-Prüfkopfes in verschiedene Positionen ist eine Fehlererkennung mit einer hohen Geschwindigkeit nicht möglich. Ferner sind Ungenauigkeiten durch Verfahren des Prüfkopfes in die verschiedenen Positionen möglich.

Der Druckschrift O. Reu et al: „Control of ultrasonic beam transmitted through an irregular profile using a smart flexible transducer: modelling and application“ Ultrasonics, IPC Science and technology Press Ltd., Guildford, GB, Band 40, Nr. 1 bis 8, Mai 2002, ist ein aus 54 Elementen zusammengesetzter Prüfkopf beschrieben, dessen Oberfläche einer der zu prüfenden Kontur angepasst ist. Diese Ausführungsform ist aufwändig und fehleranfällig.

Aus der Druckschrift S. Mahaut u.a.: „Development of phased array techniques to improve characterization of defect located in a component of complex geometry“, Ultrasonics, IPC Science and Technology Press Ltd., Guildford, GB, Band 40, Nr. 1 bis 8, Mai 2002, wird die Anwendung eines Phased Array Prüfkopfes beschrieben. Insbesondere bezieht sich die Druckschrift auf die Abtastung komplexer Geometrien, wobei auf der Grundlage von berechneten Verzögerungsregeln eine Adaption an verschiedene komplexe Formregeln ausgeführt werden kann. Die Verzögerungsregeln erlauben eine wirk-

same Kompensation von Strahlverzerrungen, die durch die Profilgeometrie erzeugt werden.

Die Druckschrift von S. Mahaut u. a.: „An adaptive system for advanced NDT applications using phased arrays“, Ultrasonics, IPC Science and Technology Press, Ltd., Guildford, GB, Band 36, Nr. 1 bis 5, Februar 1998, wird ein adaptives System auf der Basis von Phased Array Prüfköpfen beschrieben. Das adaptive System basiert auf optimierten Phased Array Prüfköpfen, die mit einem Mehrkanal-Ortungssystem verbunden sind. Das Ortungssystem stellt Verzögerungs- und Amplitudenregeln zur Ausbildung einer Ultraschallwelle bereit. Die Fähigkeit des Systems, das empfangene Signal des Array zu speichern, ermöglicht verschiedene Rekonstruktionsverfahren. Experimentell gemessene Verzögerungsregeln können gewonnen werden, um eine optimale Darstellung der Oberfläche zu erhalten.

Davon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung der bekannten Art dahingehend weiterzubilden, dass Fehlstellen der Struktur eines Gegenstandes bei hoher Geschwindigkeit und einem verbesserten Signal-/Rauschverhältnis erfasst werden können. Ferner soll das Verfahren gegen mögliche Dejustagen des Prüfkopfes unempfindlich sein.

Das Verfahren wird erfindungsgemäß u. a. durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Dabei ist vorgesehen, dass eine Fehlstelle durch ein phasenstarres Addieren der zu gleichen Laufzeiten empfangenen gespeicherten Amplitudenwerte ermittelt wird. Hierbei wird ausgenutzt, dass bei Bestrahlung eines Gegenstandes mittels eines als Phased Array Transducer ausgebildeten Prüfkopfes, d. h. bei Absendung einer kompletten Wellenfront, Echos in jedem der gleichzeitig auf Empfang geschalteten Empfangselemente des Prüfkopfes empfangen werden, wobei die Amplitudenwerte der empfangenen Echos zu denselben Laufzeiten empfangen werden. Hierdurch eröffnet sich die Möglichkeit, die Amplitudenwerte der empfangenen Signale längs einer Laufzeit zu addieren, mit dem Vorteil, dass die die Fehlstelle in der Struktur kennzeichnenden Amplitudenmaxima

verstärkt und sich die weiteren durch die einzelnen Empfangselemente empfangenen Signale gegenseitig nahezu aufheben.

Dadurch zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren einerseits durch eine sehr hohe Geschwindigkeit der Fehlererkennung aus, da aufgrund der Aussendung einer kompletten Wellenfront die aus dem Stand der Technik übliche sequenzielle Methode vermieden wird und andererseits ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Signalrauschverhältnis erreicht wird. Das Verfahren ist auch robust gegen beispielsweise eine Dejustage des Prüfkopfes, da Ortsinformationen nicht in das Verfahren einfließen.

Patentansprüche**Verfahren und Schaltungsanordnung zur zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen mittels Ultraschallwellen**

1. Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, die bei der zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen (12, 24) wie Rohren oder Blechen durch Reflexion von Ultraschallwellen an Fehlstellen (20, AF) der Struktur des Gegenstandes (12, 24) erzeugt werden, umfassend die Verfahrensschritte:

- Aussenden einer kompletten Wellenfront auf zumindest einen zu prüfenden Abschnitt des Gegenstandes (12, 24) mittels einer Vielzahl unabhängiger Sendeelemente (EL1 – ELN),
- Empfangen einer von der Struktur des Gegenstandes reflektierten Welle mittels einer Vielzahl voneinander unabhängiger Empfangselemente (EL1 – ELN),
- Digitalisieren der von den Empfangselementen (EL1 – ELN) empfangenen Signalen,
- Speichern der digitalisierten Signale nach Amplitude und Laufzeit in einem Speicherelement (SP),

dadurch gekennzeichnet,

dass die Fehlstellen (20) durch eine phasenstarre Addition der gespeicherten Amplitudenwerte längs einer Laufzeit erkannt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Erkennung eines auf einer äußeren dem Prüfkopf (14, 26, 28) zugewandten Oberfläche (56) des Gegenstandes (12, 24) liegenden Fehlstelle (Außenfehler) (20, AF) die von der Fehlstelle (20, AF) ausgehenden Punktwellensignale ausgewertet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erkennung der auf der äußeren, d. h. dem Prüfkopf (14, 26, 28) zugewandten Oberfläche (56) des Gegenstandes (12, 24), liegenden Fehlstelle (AF) durch eine Addition derjenigen in dem Speicherbaustein (SP) hinterlegten Amplitudenwerte erfolgt, welche von von dem Außenfehler (AF) ausgehenden Punktwellensignale abgeleitet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Addition senkrecht oder im Wesentlichen Senkrecht zu Interferenzmustern der empfangenen Amplitudenwerte der Punktwellen der Außenfehler (AF) verläuft.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erkennung der Außenfehler (AF) durch Vergleich des bei der phasenstarrten Addition der gespeicherten Amplitudenwerte längs einer Laufzeit ermittelten Summensignals mit dem bei der Addition der Amplitudenwerte der Interferenzmuster ermittelten Summensignal erfolgt, wobei ein Außenfehler (AF) vorliegt, wenn beide Summensignale eine Fehlstelle anzeigen (Koinzidenzverfahren).
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die einzelnen Sendeelemente (EL1 – ELN) zur Einstellung eines an die Messbedingungen wie Fehlerart, Fehlergröße, Materialart, Materialform angepassten Einstrahlwinkels α zeitverzögert angesteuert werden (phasing).

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des Fehlerortes eine laufzeitabhängige Amplitudenkorrektur des bei der Addition ermittelten Summensignals durchgeführt wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die empfangenen Signale nach ihrer Digitalisierung zur Dateneduktion gefiltert, vorzugsweise wavelet-gefiltert werden.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontur einer Oberfläche (68, 70) des zu prüfenden Gegenstandes (12, 24, 66) erfasst und abgespeichert wird, dass die unabhängigen Sendeelemente (EL1 – ELN) derart zeitverzögert angesteuert werden, dass die ausgehende Wellenfront (74) parallel oder in etwa parallel zu der Kontur der Oberfläche (68, 70) des Gegenstandes (66) verläuft und dass die von dem Gegenstand (66) reflektierten Wellen zeitverzögert empfangen werden und ein im Wesentlichen planares Interferenzmuster (76) erzeugen.
10. Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung einer Kontur eines Gegenstandes (12, 24, 66) durch Verarbeitung von Signalwellen, die durch Reflexion von Ultraschallwellen an Fehlstellen (20, AF) der Struktur des Gegenstandes (12, 24) erzeugt werden, umfassend die Verfahrensschritte:
 - Aussenden einer kompletten Wellenfront auf die zumindest eine zu prüfende Kontur des Gegenstandes (12, 24, 66) mittels einer Vielzahl unabhängiger Sendeelemente (EL1 – ELN),
 - Empfangen einer von der Struktur des Gegenstandes reflektierten Welle mittels einer Vielzahl voneinander unabhängiger Empfangselemente (EL1 – ELN),

- Digitalisieren der von den Empfangselementen (EL1 – ELN) empfangenen Signalen,
- Speichern der digitalisierten Signale nach Amplitude und Laufzeit in einem Speicherelement (SP),

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kontur einer Oberfläche (68, 70) des zu prüfenden Gegenstandes (12, 24, 66) erfasst und abgespeichert wird,

dass die unabhängigen Sendeelemente (EL1 – ELN) derart zeitverzögert angesteuert werden, dass die ausgehende Wellenfront (74) parallel oder in etwa parallel zu der Kontur der Oberfläche (68, 70) des Gegenstandes (66) verläuft und

dass die von dem Gegenstand (66) reflektierten Wellen zeitverzögert empfangen werden und ein im Wesentlichen planares Interferenzmuster (76) erzeugen.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kontur des Gegenstandes (66) ermittelt wird, indem eine beispielsweise planare Wellenfront (64) auf die zu prüfende Kontur ausgesendet wird,

dass die von der Kontur des Gegenstandes (66) reflektierten Wellen mittels der Vielzahl voneinander unabhängigen Empfangselemente (EL1 – ELN) empfangen, digitalisiert und die digitalisierten Signale zumindest nach Laufzeit in dem Speicherelement (SP) gespeichert werden,

dass aus einem definierten Abstand (A) des Prüfkopfes zum Gegenstand (66) und den unterschiedlichen Laufzeiten der empfangenen Signale die Kontur des Gegenstandes berechnet wird.

12. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein aus den empfangenen Signalen ermitteltes Interferenzmuster (76) mit einem Sollmuster verglichen wird und dass bei einer Abweichung von dem Sollmuster eine erneute Konturmessung erfolgt.

13. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Nachbestimmung der Kontur des zu prüfenden Gegenstandes während eines Messvorgangs erfolgt.
14. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die parallel oder im Wesentlichen parallel zu der Kontur des zu prüfenden Gegenstandes (66) verlaufende Wellenfront (74) durch zeitverzögertes Aussenden von Schallimpulsen erzeugt wird.
15. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass das empfangene planare Interferenzmuster (76) durch zeitversetztes Ansteuern der voneinander unabhängigen Empfangselemente (EL1 – ELN) in Abhängigkeit von den in dem Speicher hinterlegten Konturwerten empfangen werden.
16. Schaltungsanordnung (22) zur Verarbeitung von Signalen, die bei der zerstörungsfreien Prüfung von Gegenständen wie Rohren, Blechen durch Reflexion von Ultraschallwellen an Fehlstellen der Struktur des Gegenstandes erzeugt werden, umfassend eine Signalerfassungseinheit (38) mit einem Pulserzeuger (PE) zum Ansteuern von Sende-/Empfangselemente (EL1 – ELN) zur Aussendung einer kompletten Wellenfront und zur Umschaltung der Sende-/Empfangselemente (EL1 - EL2) auf Empfang, wobei ein Multiplexer (MUX) vorgesehen ist, über den an dem Empfangselementen anliegende Analogsignale A/D-Wandlern (AD1 – ADN) zuleitbar sind, deren Ausgänge mit einem Speicherelement (SP) zur Speicherung digitalisierter Signale verbunden sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass die digitalisierten Signale in dem Speicherelement (SP) bezüglich ihrer Signalamplitude und Laufzeit gespeichert sind und dass dem Speicherelement (SP) ein Summierelement (SUM) zur phasenstarken Addition der in dem Spei-

cherelement (SP) hinterlegten Amplitudenwerte nachgeschaltet ist und dass an einem Ausgang der Summenschaltung (SUM) ein bezüglich der Fehlstelle (20) auswertbares Signal anliegt.

17. Schaltungsanordnung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Ausgang des Summierelementes (SUM) vorzugsweise über ein Interface I mit einer Auswerteschaltung (46) verbunden ist, in der ein Ausgang des Summierelementes (SUM) mit einer Signalverarbeitungsschaltung (46) verbunden ist, welches ein oder mehrere Auswertebausteine (F1, F2) zur weiteren Bewertung und Auswertung des am Ausgang des Summierelementes (SUM) anliegenden Signals aufweist.
18. Schaltungsanordnung nach Anspruch 16 oder 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Auswertebausteine (F1, F2) eine Koinzidenzschaltung zum Vergleich der Summensignale bei phasenstarrer Addition der Amplitudenwerte längs einer Laufzeit mit den Summensignalen bei Addition der Amplitudenwerte der Punktwellensignale von Außenfehlern aufweist.
19. Schaltungsanordnung nach Anspruch 16 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Prüfkopf (14, 26, 28) als Phased Array Transducer ausgebildet ist.
20. Schaltungsanordnung nach Anspruch 16 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sende-/Empfangselemente (EL1 – ELN) gleichzeitig oder phasenverschoben (phasing) ansteuerbar sind

21. Schaltungsanordnung nach Anspruch 16 bis 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sende-/Empfangselemente (EL1 – ELN) als eine Einheit ausgebildet
sind.
22. Schaltungsanordnung nach Anspruch 16 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sendeelemente und Empfangselemente als getrennte Einheiten ausgebildet sind.